



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 199 05 112 A 1**

51 Int. Cl. 7:
F 02 B 37/04

21 Aktenzeichen: 199 05 112.7
22 Anmeldetag: 9. 2. 1999
43 Offenlegungstag: 10. 8. 2000

DE 199 05 112 A 1

71 Anmelder:
FEV Motorentechnik GmbH, 52078 Aachen, DE

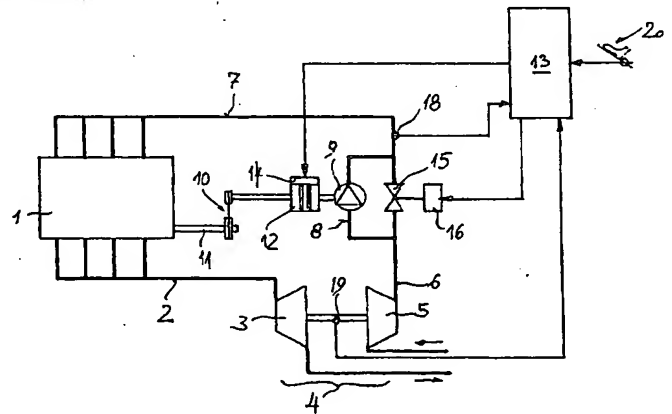
74 Vertreter:
Patentanwälte Maxton & Langmaack, 50968 Köln

72 Erfinder:
Schorn, Norbert, Dr., 52080 Aachen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren zum Betreiben einer Kolbenbrennkraftmaschine mit Vorverdichtung der Verbrennungsluft und Kolbenbrennkraftmaschine zur Durchführung des Verfahrens

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Kolbenbrennkraftmaschine mit Vorverdichtung der Verbrennungsluft durch einen Abgasturbolader, das dadurch gekennzeichnet ist, daß die im Abgasturbolader verdichtete Luft in einer nachgeschalteten Verdichtungsstufe nachverdichtet wird, sowie eine Kolbenbrennkraftmaschine zur Durchführung des Verfahrens, die über eine Druckleitung (6) mit einem Abgasturbolader (4) zur Verdichtung der benötigten Verbrennungsluft verbunden ist und die dadurch gekennzeichnet ist, daß in der Druckleitung (6) ein antreibbarer Nachverdichter (9) angeordnet ist.



DE 199 05 112 A 1

Beschreibung

Bei Kolbenbrennkraftmaschinen mit Vorverdichtung der Verbrennungsluft, die im instationären Betrieb, beispielsweise als Fahrzeugantriebe eingesetzt werden, besteht das Problem, das für den Motorbetrieb erforderliche Druckniveau der Verbrennungsluft oder auch Ladeluft über den gesamten Drehzahl- und Lastbereich der Kolbenbrennkraftmaschine in der gewünschten Höhe zu halten, da die üblicherweise als Abgasturbolader ausgebildeten Luftverdichter die erforderliche Abdeckung des gesamten Betriebsbereiches in vertretbarem Aufwand nicht erlauben. Insbesondere in Lastbereichen, in denen das für den Betrieb der Abgasturbine des Turboladers zur Verfügung stehende Energiegefälle des Abgases niedrig ist, oder auch bei Beschleunigungsvorgängen kann die geforderte Verdichtung der Verbrennungsluft nicht oder nicht schnell genug erreicht werden.

Zur Abhilfe hat man vorgeschlagen, dem Turbolader auf der Saugseite einen zusätzlichen Luftverdichter vorzuschalten, der unmittelbar über die Kurbelwelle des Motors angetrieben wird. Hierdurch wird erreicht, daß dem Turbolader bereits verdichtete Luft zugeführt wird, so daß auf der Druckseite des Turboladers das gewünschte Druckniveau für die Verbrennungsluft für den gesamten Lastbereich eingestellt werden kann. Auf diese Weise kann eine Minderleistung der Abgasturbine bei geringem Energiegefälle im Abgas durch die Verdichtungsleistung des vorgeschalteten Luftverdichters kompensiert werden. Reicht das Energiegefälle im Abgas zur Erzielung der gewünschten Druckhöhe aus, wird dem vorgeschalteten Luftverdichter die Luft "weggesaugt", so daß dieser praktisch im "Leerlauf" betrieben wird und daher weiterhin ohne Leistungsabnahme mit der Kolbenbrennkraftmaschine antriebsseitig in Verbindung bleiben kann. Der Nachteil dieser Lösung besteht jedoch darin, daß neben einem entsprechend groß dimensionierten Turbolader auch der mechanische Lader im Hinblick auf die geforderte Verdichtungsleistung entsprechend groß dimensioniert werden muß und dementsprechend auch einen hohen Verbrauch an Antriebsenergie aufweist, der bei einer Kolbenbrennkraftmaschine für den instationären Betrieb durch die Kolbenbrennkraftmaschine zusätzlich zur Verfügung gestellt werden muß.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die vorstehend genannten Nachteile zu vermeiden.

Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren zum Betreiben einer Kolbenbrennkraftmaschine mit Vorverdichtung der Verbrennungsluft durch einen Abgasturbolader erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die im Abgasturbolader verdichtete Verbrennungsluft in einer nachgeschalteten Verdichtungsstufe nachverdichtet wird. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß bei einer durch den Betrieb der Kolbenbrennkraftmaschine durch den Abgasturbolader bedingten Verminderung der Verdichtung der Verbrennungsluft dieses verminderte Druckniveau als Vorverdichtung für einen nachgeschalteten weiteren Verdichter zur Verfügung steht, so daß dieser hinsichtlich seines Bauvolumens deutlich kleiner ausgelegt werden kann und so die üblicherweise bei einem Kraftfahrzeug bestehenden Raum- und Gewichtsprobleme für derartige Zusatzaggregate sowie der Verbrauch an Antriebsenergie vermindert werden.

In einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Nachverdichtung in Abhängigkeit von einem vorgebbaren Druckniveau der durch den Abgasturbolader verdichteten Verbrennungsluft erfolgt. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, daß entsprechend einem in einer Motorsteuerung den Lastanforderungen zugeordneten Soll-Druck der in der Druckleitung des Abgasturboladers in dem jeweiligen Last-

keit von diesem Ist-Druck unmittelbar nach dem Abgasturbolader die nachgeschaltete Verdichtungsstufe angesteuert wird, um so durch eine Nachverdichtung der Verbrennungsluft den vorgegebenen Soll-Druck einzustellen.

In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Nachverdichtung in Abhängigkeit von der Drehzahl der Abgasturbine erfolgt. Da das drehzahlabhängige Kennfeld des Abgasturboladers bekannt ist, besteht mit dieser Verfahrensweise in Verbindung mit einer ohnehin vorhandenen Motorsteuerung, in der das Kennfeld des Abgasturboladers abgelegt ist, eine weitere Möglichkeit, den vorgegebenen Soll-Druck der Verbrennungsluft auf der Druckseite durch entsprechende Zuschaltung der nachgeschalteten Verdichtungsstufe einzustellen.

Zur Durchführung des Verfahrens ist gemäß der Erfindung eine Kolbenbrennkraftmaschine vorgesehen, die über eine Druckleitung mit einem Abgasturbolader zur Verdichtung der benötigten Verbrennungsluft verbunden ist und die dadurch gekennzeichnet ist, daß in der Druckleitung ein antreibbarer Nachverdichter angeordnet ist. Der Nachverdichter ist in einer Ausgestaltung der Erfindung als sogenannter mechanischer Lader ausgebildet, beispielsweise in Form eines Roots-Laders. Da dem nachgeschalteten Nachverdichter bereits verdichtete Luft zugeführt wird, ergibt sich eine geringere Baugröße. Der Abgasturbolader kann für hohe Drehzahlen ausgelegt und optimiert werden, so daß im Betrieb bei niedrigeren Drehzahlen die Verdichtungsleistung stärker durch den Nachverdichter erbracht wird.

Um den Nachverdichter entsprechend den Betriebsanforderungen zu- und abschalten zu können, ist der Nachverdichter in einer Ausgestaltung der Erfindung mit der Kurbelwelle der Kolbenbrennkraftmaschine über eine schaltbare Kupplung antreibbar verbunden. Die schaltbare Kupplung ist wiederum über die vorhandene Motorsteuerung ansteuerbar, so daß in den Lastbereichen, in denen die Leistung des Abgasturboladers nicht ausreicht, der Nachverdichter zugeschaltet werden kann. Der Antrieb kann beispielsweise über einen Keilriementrieb erfolgen.

In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Nachverdichter mit einem gesonderten, regel- und/oder steuerbaren Antrieb verbunden ist. Dieser Antrieb kann beispielsweise durch einen elektrischen oder hydraulischen Antrieb gebildet werden. Auch hier kann der gesonderte Antrieb entsprechend den Anforderungen zu- und abgeschaltet werden. Zweckmäßig ist es, wenn der gesonderte Antrieb regelbar ausgebildet ist, so daß etwaige Druckstöße beim Zu- und Abschalten sowie Verzögerungen durch Beschleunigungsvorgänge beim Anschalten des Nachverdichters vermieden werden. Ein weiterer Vorteil des eigenen Antriebs für den Nachverdichter besteht darin, daß man in der räumlichen Zuordnung einen größeren Spielraum besitzt, als dies bei einem Antrieb über die Kurbelwelle gegeben ist.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Nachverdichter in einer Bypassleitung zur Druckleitung angeordnet ist und daß zunächst die Druckleitung im Bypassbereich mit einem Sperrventil versehen ist, das einen Stellantrieb aufweist. Wenn die Verdichtungsleistung des Nachverdichters benötigt wird, wird dieser zugeschaltet und das Sperrventil in der Druckleitung geschlossen, sobald der Nachverdichter seine Betriebsdrehzahl erreicht hat und dann die gesamte Fördermenge des Abgasturboladers zur weiteren Verdichtung durch den Nachverdichter zur Verfügung steht. Sobald jedoch die Leistung des Abgasturboladers ausreicht, kann das Sperrventil entsprechend geöffnet und der Nachverdichter abgeschaltet werden, so daß der Förderstrom nicht mehr über die Bypassleitung strömen kann. Bei der Verwendung eines Nachverdichters, der nach dem Verdrängerprinzip arbeitet, beispielsweise einen Roots-Ver-

dichter, kann ein zusätzliches Sperrventil in der Bypaßleitung entfallen, da mit dem Abschalten des Verdichterantriebs der Nachverdichter selbst wie ein Sperrventil wirkt. Dies ermöglicht es auch, das System feinfühlig anzusteuern, so daß beim Absinken der Verdichtungsleistung des Abgasturboladers bereits vor dem Umschaltpunkt der Nachverdichter angetrieben wird, ohne daß das Sperrventil betätigt wird und erst beim Erreichen der kritischen Untergrenze für die Verdichtungsleistung des Abgasturboladers das Sperrventil geschlossen wird und somit der gesamte Volumenstrom über den Nachverdichter geführt wird.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann der Stellantrieb des Sperrventils und der Antrieb des Nachverdichters mit einer Steuereinrichtung verbunden sein, die mit einem Drucksensor in der Druckleitung in Verbindung steht und/oder mit einem Drehzahlgeber am Abgasturbolader in Verbindung steht. Bei einer Anordnung jeweils eines stufenlos gegenläufig verstellbaren Stellventils in der Druckleitung und in der Bypaßleitung kann mit Hilfe der Steuereinrichtung bei eingeschaltetem Nachverdichter durch entsprechende Ansteuerung der Stell- bzw. Sperrventile auf jede Druckabweichung in der Lufteinlaßleitung reagiert werden, beispielsweise bei Beschleunigungs- oder Bremsvorgängen.

Die Erfindung wird anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Vielzylinder-Kolbenbrennkraftmaschine mit einem über die Kurbelwelle angeordneten Nachverdichter.

Fig. 2 die Kolbenbrennkraftmaschine gem. Fig. 1 mit einem Nachverdichter mit Eigenantrieb.

In Fig. 1 ist eine Vierzylinder-Kolbenbrennkraftmaschine 1 dargestellt, deren Abgasleitung 2 über eine Abgasturbolader-Einheit 4 mit Abgasturbine 3 und Turbolader 5 geführt ist. Der Turbolader 5 ist über eine Druckleitung 6 mit der Lufteinlaßleitung 7 der Kolbenbrennkraftmaschine 1 verbunden. Der Druckleitung 6 ist eine Bypaßleitung 8 zugeordnet, in der ein Nachverdichter 9, beispielsweise in Roots-Verdichter, angeordnet ist. Der Roots-Verdichter 9 steht über einen Riemmentrieb 10 mit der Kurbelwelle 11 der Kolbenbrennkraftmaschine antreibbar in Verbindung. Über eine Schaltkupplung 12, die einen über eine Motorsteuerung 13 ansteuerbaren Stellantrieb 14 aufweist, kann der Nachverdichter 9 entsprechend den Betriebsanforderungen zu- und abgeschaltet werden.

Im Bereich der Bypaßleitung 8 ist in der Druckleitung 6 ein Sperrventil 15 angeordnet, dessen Stellantrieb 16 über die Motorsteuerung 13 ansteuerbar ist. Das Sperrventil 15 kann so eingestellt sein, daß es grundsätzlich geschlossen ist und somit bei niedrigen Motordrehzahlen und damit geringer Leistung des Abgasturboladers 4 die erforderliche Nachverdichtung der Verbrennungsluft durch den Verdichter 9 erfolgt. Reicht die Leistung des Abgasturboladers 4 für den Betrieb der Kolbenbrennkraftmaschine aus, dann wird über die Motorsteuerung 13 das Sperrventil 15 geöffnet, so daß die Druckleitung 6 unmittelbar mit der Lufteinlaßleitung 7 in Verbindung steht. Da der Nachverdichter 9 bei einer Ausbildung als Verdrängermaschine, beispielsweise eines Roots-Verdichters, aufgrund seiner Bauform bei Stillstand wie ein Sperrventil für die Bypaßleitung 8 wirkt, genügt es durch Öffnen der Kupplung 12 den Nachverdichter 9 abzuschalten und die hierdurch bedingten Verluste zu vermeiden.

Die Ausführungsform gem. Fig. 2 entspricht in ihrem Grundaufbau der anhand von Fig. 1 erläuterten Ausführungsform, so daß hier auf die vorstehende Beschreibung verwiesen werden kann. Für gleiche Bauteile sind gleiche Bezugszeichen eingesetzt.

Der Unterschied zur Ausführungsform gem. Fig. 1 besteht darin, daß der Nachverdichter 9 mit einem eigenen

steuer- und/oder regelbaren Antrieb 17 versehen ist, beispielsweise in Form eines elektrischen oder hydraulischen Antriebs, der über die Steuereinrichtung 13 entsprechend angesteuert werden kann. Die Betriebsweise entspricht im Prinzip der anhand von Fig. 1 beschriebenen Betriebsweise. Bei Verwendung eines regelbaren Antriebs für den Nachverdichter 9 besteht hier noch die Möglichkeit, über die Drehzahl des Nachverdichters 9 eine stufenlose Anpassung der Gesamtförderleistung von Abgasturbolader und Nachverdichter 9 zu bewirken.

Die Ansteuerung mit Hilfe der Motorsteuerung kann in beiden Fällen in der Weise erfolgen, daß in der Lufteinlaßleitung 7 ein Drucksensor 18 angeordnet ist, der auf die Motorsteuerung 13 aufgeschaltet ist. Sobald über den Drucksensor 18 ein vorgegebener Mindestdruck unterschritten wird, wird dann über die Motorsteuerung der Nachverdichter 9 zugeschaltet. Über diesen Drucksensor 18 hinter dem Bypaßbereich kann auch eine Druckobergrenze überwacht und eingehalten werden.

Über die Motorsteuerung 13, der der jeweilige Lastwunsch vom Fahrer über das Gaspedal 20 vorgegeben werden kann, besteht auch die Möglichkeit, bei einer entsprechenden Ansteuerung durch den Fahrer, die aus Abgasturbolader 4 und Nachverdichter 9 gebildete Verdichtungseinrichtung für einen Bremsbetrieb durch den Motor zu verwenden. Dies ist besonders zweckmäßig, wenn der Nachverdichter 9 über einen eigenen Antrieb verfügt, so daß trotz sich vermindender Drehzahlen eine hohe Verdichtungsleistung und damit eine hohe Aufladung der Zylinder erreicht und eine entsprechende Bremswirkung erzielt wird.

Die Anordnung kann kombiniert mit einem Drucksensor oder auch allein in der Weise angesteuert werden, daß über einen Drehzahlsensor 19 die Drehzahl des Abgasturboladers abgegriffen wird und das Zu- und Abschalten des Nachverdichters 9 in Abhängigkeit von einem entsprechenden, aus dem Kennfeld des Abgasturboladers abgegriffenen Sollwertes erfolgt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Kolbenbrennkraftmaschine mit Vorverdichtung der Verbrennungsluft durch einen Abgasturbolader, **dadurch gekennzeichnet**, daß die im Abgasturbolader verdichtete Luft in einer nachgeschalteten Verdichtungsstufe nachverdichtet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Nachverdichtung in Abhängigkeit von einem vorgebbaren Druckniveau der durch den Abgasturbolader verdichteten Verbrennungsluft erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Nachverdichtung in Abhängigkeit von der Drehzahl des Abgasturboladers erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Nachverdichtung für einen Bremsbetrieb durch Aufladung genutzt wird.
5. Kolbenbrennkraftmaschine zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 4, die über eine Druckleitung (6) mit einem Abgasturbolader (4) zur Verdichtung der benötigten Verbrennungsluft verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß in der Druckleitung (6) ein antreibbarer Nachverdichter (9) angeordnet ist.
6. Kolbenbrennkraftmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Nachverdichter (9) als mechanischer Lader ausgebildet ist.
7. Kolbenbrennkraftmaschine nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Nachverdichter (9)

mit der Kurbelwelle (11) über eine schaltbare Kupp-
lung (12) antreibbar verbunden ist.

8. Kolbenbrennkraftmaschine nach einem der Ansprü-
che 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Nachver-
dichter (9) mit einem gesonderten, regel- und/oder 5
steuerbaren Antrieb (17) verbunden ist.

9. Kolbenbrennkraftmaschine nach einem der Ansprü-
che 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Nachver-
dichter (9) in einer Bypassleitung (8) zur Druckleitung
(6) angeordnet ist und daß zumindest die Druckleitung 10
(6) im Bypassbereich mit einem Sperrventil (15) verse-
hen ist, das einen Stellantrieb (16) aufweist.

10. Kolbenbrennkraftmaschine nach einem der An-
sprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Stell-
antrieb (16) des Sperrventils (15) und der Antrieb des 15
Nachverdichters (9) mit einer Steuereinrichtung (13)
verbunden sind, die mit einem Drucksensor (18) in der
Druckleitung (6) in Verbindung steht.

11. Kolbenbrennkraftmaschine nach einem der An-
sprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der 20
Stellantrieb (16) des Sperrventils (15) und der Antrieb
(12; 17) des Nachverdichters (9) mit einer Steuerein-
richtung (13) verbunden sind, die mit einem Drehzahl-
geber (19) am Abgasturbolader in Verbindung steht.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

